

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-175100

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(51)Int.Cl.³

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/207

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 7818-2H

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 1 1 N

審査請求 未請求 請求項の数4(全 13 頁)

(21)出願番号

特願平3-354682

(22)出願日

平成3年(1991)12月19日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 谷口 哲夫

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

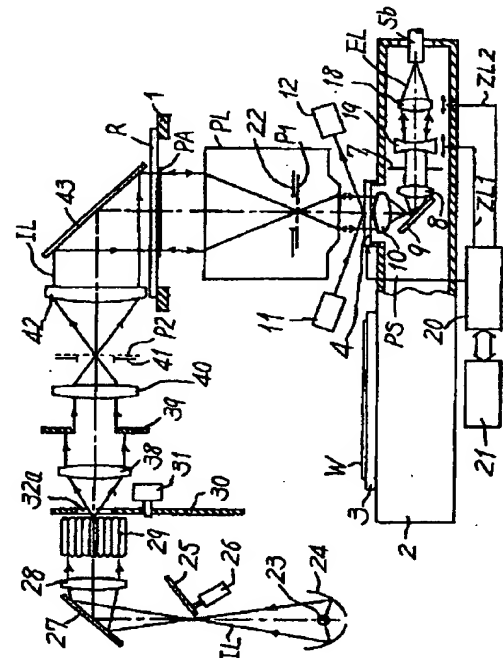
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 焦点位置検出装置

(57)【要約】

【目的】 より正確に投影光学系の焦点位置を検出できるようにする。

【構成】 ウェハWに隣接するパターン板4に形成された開口パターンと、この開口パターンに照明光ELを導く検出用照明光学系5b、8~10と、照明光ELの下で投影光学系PLを介してマスクパターンPAの形成面に形成された後、投影光学系PLを介して戻って来るその開口パターンの像をその開口パターンで制限して得られた光量に対応する焦点信号を生成する光電センサと、照明光EL用の検出用照明光学系5b、8~10のσ値を任意に設定するズームレンズ18、19とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光用照明光学系に照明されたマスクパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に投影する投影露光装置の前記投影光学系の焦点位置を検出する装置において、

前記感光基板に隣接する基準面に形成された開口パターンと、

該開口パターンに照明光を導く検出用照明光学系と、

該照明光の下で前記投影光学系を介して前記マスクパターンの形成面に形成された後、前記投影光学系を介して戻って来る前記開口パターンの像を前記開口パターンで制限して得られた光量に対応する焦点信号を生成する検出器と、

前記検出用照明光学系の照明光の前記投影光学系の瞳面における照度分布を任意に設定する照度分布設定手段とを有する事を特徴とする焦点位置検出装置。

【請求項2】 前記照度分布設定手段は、前記露光用照明光学系の露光光の前記投影光学系の瞳面における照度分布に対して前記検出用照明光学系の照明光の前記投影光学系の瞳面における照度分布をほぼ等しく設定する事を特徴とする請求項1記載の焦点位置検出装置。

【請求項3】 露光用照明光学系に照明されたマスクパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に投影する投影露光装置の前記投影光学系の焦点位置を検出する装置において、

前記感光基板に隣接する基準面に形成された開口パターンと、

該開口パターンに照明光を導く検出用照明光学系と、

該照明光の下で前記投影光学系を介して前記マスクパターンの形成面に形成された後、前記投影光学系を介して戻って来る前記開口パターンの像を前記開口パターンで制限して得られた光量に対応する焦点信号を生成する検出器と、

前記開口パターンの形状を任意に設定するパターン形状設定手段とを有する事を特徴とする焦点位置検出装置。

【請求項4】 前記パターン形状設定手段は、前記マスクパターンの最小線幅に前記投影光学系の倍率を乗じて得られた線幅に対して前記開口パターンの線幅をほぼ等しく設定する事を特徴とする請求項3記載の焦点位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば半導体集積回路又は液晶基板等を製造するための厳密な焦点合わせが要求される投影露光装置等に用いられる焦点位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば半導体集積回路又は液晶基板等をリソグラフィ技術を用いて製造する工程において、回路パターン等のマスクパターンを投影光学系を介して基

板上に所定の倍率で転写する投影露光装置が使用されている。このような投影露光装置においては、投影光学系による結像面の焦点深度の範囲内にその基板の露光面

(レジスト表面)を収める必要がある。また、転写対象となるパターンの線幅が例えば $0.5\mu\text{m}$ 以下ときわめて微細化している。このような微細な線幅のパターンを良好に結像するためには投影光学系の開口数(NA)を大きくする必要があるが、開口数が大きくなると焦点深度、即ち許容されるデフォーカス量が非常に小さくなる。従って、この種の装置においては、投影光学系の結像面に対して基板の露光面を所定のデフォーカス量の範囲内で合致させるための厳密な焦点合わせの技術が必須である。

【0003】 このため、従来の投影露光装置においては、被露光物(例えばシリコンウェハ)を投影光学系から一定の距離に維持する間接的な焦点合わせ機構が備わっている。この機構は例えば図6に示す投射光学系11及び受光光学系12を用いて、被露光物に対し斜め方向から光線を入射し、その反射光の位置により被露光物の投影光学系PLの光軸方向の位置を測定し投影光学系PLと被露光物の距離を一定に保つものである。しかしながら、投影光学系は周囲の気温、大気圧若しくは湿度等の条件又は露光中の照明光の吸収等により変化し、その焦点位置も刻々変化していると言ってもよい。これに対し、気温等の諸条件を測定し、前記の投影光学系PLと被露光物との距離を一定距離に保つ機構にオフセットを乗せていく方法も提案されている。しかし、この方法も直接焦点位置を検出していないため確実な方法ではない。このため、近時は投影光学系PLの焦点位置を光学的に直接検出する方法が提案されている。

【0004】 以下、このように投影光学系の焦点位置を直接検出する焦点位置検出装置の例を図6～図8を参照して説明する。図6は直接方式の焦点位置検出装置を備えた本出願人の先願に係る半導体素子製造用縮小投影露光装置を示し、この図6において、1はレチクルホルダーであり、レチクルホルダー1に回路パターン等が描かれたレチクルRが保持されている。レチクルRは、図示省略した露光用照明系を用いて例えば水銀ランプの輝線又はエキシマレーザー光等の露光光により均一に照明されている。2はウェハステージ、3はウェハステージ2に載置されたウェハホルダーを示し、このウェハホルダー3上にウェハWが保持され、通常の露光転写時には投影光学系PLを介してレチクルR上のパターンがウェハW上に結像される。

【0005】 ウェハステージ2は、投影光学系PLの光軸に垂直な面(これをXY面とする)内で並進移動自在なXYステージと、投影光学系PLの光軸に平行なZ方向にステージの上面を移動するZステージとより構成され、ウェハホルダー3はXY面内で微小回転できるθステージを兼ねている。また、ウェハステージ2上の投影

光学系PLの光軸に対応する露光点の座標は図示省略した2軸のレーザ干渉測長機により測定されており、ZステージがZ方向に移動した場合のウェハWの露光面のZ座標も図示省略した測定機構により測定されている。そして、ウェハステージ2が投影光学系PLの光軸に垂直な面内を移動することにより、ウェハWにレチクルRのパターンがステップアンドリピート方式で露光され、更にウェハステージ2は投影光学系PLの光軸方向にも微小量移動することにより、ウェハWを投影光学系PLの焦点位置に合致させることができる。

【0006】また、4は焦点位置検出用のパターン板であり、このパターン板4の上面には図7(a)に示すように、遮光部14と光透過部15とよりなる開口パターンが形成されている。この開口パターンは、所定ピッチのライン/スペースよりなる振幅型の回折格子を順次90°ずつ回転してなる4個の回折格子より構成されている。図6に戻り、パターン板4は、ウェハステージ2上にその開口パターンの形成面がウェハWの露光面とZ方向にほぼ同じ高さになるように固定されており、パターン板4の底面側には検出用照明光学系が設けられている。仮に或るウェハWにレチクルRのパターンを露光している場合でも、ウェハステージ2を投影光学系PLの光軸に垂直なXY面内で移動させることにより、投影光学系PLのイメージサークルの中央部にそのパターン板4を移動させることができる。

【0007】その検出用照明光学系において、5は2分岐のファイバー束を示し、このファイバー束5の一方の分岐端5aよりレチクルRを照明する露光光と同一又は近傍の波長帯の照明光ELを入射する。照明光ELは、例えば露光光ILの一部をビームスプリッター等で分岐したものを使用する。照明光ELはファイバー束5の分岐端5aから合同端5bを経てウェハステージ2の内部に送られる。内部に送られた照明光ELは、アウトプットレンズ6、視野絞り7、リレーレンズ8、ミラー9及びコンデンサレンズ10を介してパターン板4の開口パターンを下方より照明する。パターン板4を通過した光線は投影光学系PLを経てレチクルRの下面のパターン面にパターン板4の開口パターンの像を結像する。そのレチクルRのパターン面から反射された反射光は再び投影光学系PL及びパターン板4を介してウェハステージ2の内部に戻り、入射時と逆の光路を経て再びファイバー束5の合同端5bに入射する。この反射光はファイバー束5の他方の分岐端5cより光電センサPDに入射し、この光電センサPDより出力される焦点信号FSが、レチクルRのパターン面からの反射光をパターン板4の開口パターンで制限した光量に対応する。

【0008】この方式ではその光電センサPDから出力される焦点信号FSが最大になるとき、即ちレチクルRからの反射光をパターン板4で制限して得られた光量が最大になるときのZ座標を焦点位置として検出する。焦

点位置でその光量が最大となる原理を図8を参照して説明する。まず、パターン板4の開口パターン形成面とレチクルRのパターン面とが投影光学系PLに関して共役位置にあるとき、即ちパターン板4が投影光学系PLの焦点位置にあるときの光路図を図8(a)に示す。この場合、パターン板4の光透過部を投影光学系PL側に透過した光線はレチクルRの下面のパターン面に開口パターンの像を結び、その反射光は再びパターン板4上で像を結ぶ。従って、パターン板4の開口パターンとその再結像された開口パターンの像とは正確に重なるので、この開口パターンの像の明部の光はパターン板4をそのまま透過して最終的に光電センサPDに入射する。

【0009】一方、パターン板4の開口パターン形成面が投影光学系PLの焦点位置にないときの光路図を図8(b)に示す。この場合、レチクルRの下面からの反射光の全てがパターン板4の開口パターンを透過することはできず、反射光の一部はその開口パターンの非透過部に反射されるので、光電センサPDへの入射光量は減少する。実際には各光束間での干渉現象があるため、レチクルRからの反射光をパターン板4で制限した光量に対応する焦点信号FSは図7(b)に示すような波形となる。この図7(b)において、横軸は後述の間接方式の焦点位置検出系で検出したオートフォーカス信号AFSであり、この信号AFSはウェハステージ2のZ座標に対応する。

【0010】図6に戻り、11は投射光学系、12は受光光学系であり、この投射光学系11から投射される光束が投影光学系PLの光軸に対して斜めにパターン板4上に投影される。パターン板4上には例えばスリット状のパターンが投影される。このパターン板4からの反射光が、投影光学系PLの光軸に対して傾斜して配置された受光光学系12の受光素子上に投影され、受光光学系12の受光素子上にはパターン板4上に形成されたスリットパターンの像が再結像される。パターン板4が投影光学系PLの光軸に平行なZ方向に移動すると、その受光光学系12の受光素子上のスリットパターンの像も移動するため、このスリットパターンの位置からパターン板4の開口パターン形成面(又はウェハWの露光面)のZ方向の位置を検出することができる。

【0011】その受光光学系12よりそのスリットパターンの像の位置に応じた信号(これを「オートフォーカス信号」という)AFSが出力され、このオートフォーカス信号AFSがオートフォーカス制御回路13に供給される。オートフォーカス制御回路13には光電センサPDより出力される直接方式による焦点信号FSも供給される。オートフォーカス制御回路13は直接方式の焦点信号FSによりオートフォーカス信号AFSのオフセット調整を行い、オートフォーカス信号AFSが所定のレベルになるようにZ軸駆動信号ZSを用いてウェハステージ2のZステージを駆動する。尚、上述のように直

10

20

30

40

50

接方式による検出結果を用いて間接方式の焦点合わせ機構のキャリブレーション（オフセット調整）を行う技術については、特開昭60-168112号公報に開示されている。

【0012】上述のパターン板4を有する焦点位置検出装置を用いて実際にウェハWの露光面を投影光学系PLに対して焦点合わせする方法を簡単に説明する。前記のようにウェハWの露光時には投射光学系11及び受光光学系12よりなるウェハ位置検出系によりウェハWと投影光学系PLとの間隔を調整している。このため、随時パターン板4を投影光学系PLのイメージサークルの中央部に移動してパターン板4を含む焦点位置検出装置で求めた焦点位置を、投射光学系11及び受光光学系12よりなるウェハ位置検出系へフィードバックすることにより、経時変化等により投影光学系PLの焦点位置の変動があってもウェハWの露光面は常に変動後の焦点位置に合わせ込まれる。このフィードバック動作、即ち投射光学系11及び受光光学系12よりなるウェハ位置検出系のキャリブレーション動作は例えば単位時間毎あるいはウェハを1枚露光する毎に、又はウェハを数枚露光する毎に行う。

【0013】焦点位置合わせ動作を制御するオートフォーカス制御回路13は、Z軸駆動信号ZSを用いてウェハステージ2を投影光学系PLの光軸方向に移動させ、同時に受光光学系12からのパターン板21の位置を示すオートフォーカス信号AFSと光電センサPDからの焦点信号FSとを取り込む。この結果図7(b)のような波形が得られ、波形のピーク位置におけるオートフォーカス信号AFSの値はBSとなる。これ以後は、受光光学系12の出力であるオートフォーカス信号AFSの値がBSとなるようウェハWの焦点合わせを行う。上述のように、この技術によればレチクルRに特別なパターンを設けることなく、投影光学系PLのイメージサークルの任意の点、特に中心での焦点位置検出を正確に行うことができる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図6の装置においては、パターン板4を用いた焦点位置検出に本来の露光用の照明系ではなく、別に新たに設けた照明系を使用しているため、両者の照明系の特性は厳密には一致していない。このように両者の照明系の特性が一致していないと、露光光ILによる投影光学系PLの焦点位置と検出用の照明光ELによる投影光学系PLの焦点位置とがずれる虞がある。

【0015】照明系の特性を表す数値としては一般に、投影光学系の開口数NAと照明光のコヒーレンシを表す σ 値とが用いられる。図9を参照して開口数と σ 値について説明するに、図9において、投影光学系PLの瞳面P1、即ちフーリエ変換面には開口絞りAS1が設けられているため、投影光学系PLのレチクルR側からの

光束が通過できる最大の角度 θ_R 及び投影光学系PLからパターン板4側に落射する光束の最大の角度 θ_W は所定の値に制限されている。投影光学系PLの開口数NA_{PL}は $\sin \theta_W$ であり、投影倍率を $1/m$ とすると、 $\sin \theta_R = \sin \theta_W / m$ の関係にある。

【0016】また、露光光ILがレチクルRに入射するときの最大の入射角を θ_{IL} 、焦点位置検出用の照明光ELがパターン板4に底面側から入射する最大の入射角を θ_{EL} とすると、露光光IL側の σ 値である σ_{IL} 及び照明光EL側の σ 値である σ_{EL} はそれぞれ次のように定義される。

【数1】

$$\sigma_{IL} = \sin \theta_{IL} / \sin \theta_R \\ = m \cdot \sin \theta_{IL} / \sin \theta_W$$

【数2】

$$\sigma_{EL} = \sin \theta_{EL} / \sin \theta_W \\ = \sigma_{IL} \cdot \sin \theta_{EL} / (m \cdot \sin \theta_{IL})$$

【0017】一般に開口数NAが大きい程解像度は向上するが、焦点深度が浅くなる。一方、 σ 値が小さい程に露光光IL又は照明光ELのコヒーレンシが良くなるため、 σ 値が小さくなるとパターンのエッジが強調され、 σ 値が大きいとパターンのエッジがぼけるが、より細かいパターンの解像ができるようになる。従って、パターンの結像特性は開口数NAと σ 値とでほぼ決ってくる。また、 σ 値が変化すると、投影光学系PLの瞳面P1における照度分布が変化する。

【0018】図6に戻り、例えばレチクルRの露光光の照明光束がIL1の場合、パターン板4を用いる焦点位置検出系の σ 値である σ_{EL} とその露光光IL1による σ 値である σ_{IL} が一致しているものとする。この状態で例えばレチクルRの種類に応じて露光光の照明光束をIL2に切り替えたとすると、照明光EL側の σ_{EL} と露光光IL2側の σ_{IL} とは一致しなくなる。

【0019】特に近年、解像力の向上のため位相シフトレチクルを使用する方法が考えられているが、このとき露光光IL側の照明系の σ 値は小さくする（例えば $\sigma_{IL} = 0.3$ ）と効果が大きいことが知られている。通常のレチクルの場合の露光光側の照明系の σ 値は0.5～0.6程度で、両者を切り換えて使用できる露光装置が提案されている。また、微細なパターンを露光するためには投影光学系PLの開口数NAと露光光IL側の照明系の σ 値である σ_{IL} との組み合わせを最適化する必要があり、開口数NA及び露光光IL側の σ 値可変の露光装置も提案されている。このような場合、焦点位置検出用の照明光学系の σ 値である σ_{EL} と実際の露光を行う照明系の σ 値である σ_{IL} とは異なってしまう。 σ 値が異なる場合、投影光学系中の強度分布が異なるため投影光学系中の収差分布により微妙に焦点位置が異なってしまうという不都合がある。

【0020】同様に焦点検出を行うパターン板4の開口

パターンの線幅が、実際に露光されるレチクルRの線幅に投影光学系PLによる倍率 $1/m$ を乗じて得られる線幅と異なる場合、回折光の投影光学系内の強度分布が異なるため検出される焦点位置が異なってしまう。これらの量は微量でせいぜい $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 程度であるが、近年益々微細化するパターンに対しては決して少ない量とは言えない。

【0021】本発明は斯かる点に鑑み、より正確に投影光学系の焦点位置を検出できる焦点位置検出装置を提供することを目的とする。より詳しくは、例えば露光光側の照明光学系の σ 値又は露光対象となるパターンの線幅等によらず正確に焦点位置を検出できる焦点位置検出装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の焦点位置検出装置は、例えば図1に示すように、露光用照明光学系(23, 24, 29, 42, 43)に照明されたマスクパターンPAの像を投影光学系PLを介して感光基板W上に投影する投影露光装置のその投影光学系PLの焦点位置を検出する装置において、その感光基板Wに隣接する基準面(4)に形成された開口パターンと、この開口パターンに照明光ELを導く検出用照明光学系

(5b, 8, 9, 10)と、この照明光ELの下でその投影光学系PLを介してそのマスクパターンPAの形成面に形成された後、その投影光学系PLを介して戻って来るその開口パターンの像をその開口パターンで制限して得られた光量に対応する焦点信号を生成する検出器

(例えば図6の光電センサPD)と、その検出用照明光学系(5b, 8, 9, 10)の照明光ELのその投影光学系PLの瞳面P1における照度分布を任意に設定する照度分布設定手段(例えばズームレンズ(18, 19)又は図4の開口絞り(47))とを有するものである。

【0023】この場合、その照度分布設定手段(例えばズームレンズ(18, 19))は、その露光用照明光学系(23, 24, 29, 42, 43)の露光光ILのその投影光学系PLの瞳面P1における照度分布に対してその検出用照明光学系(5b, 8, 9, 10)の照明光ELのその投影光学系PLの瞳面P1における照度分布を相似的にほぼ等しく設定することが望ましい。これは露光光ILの主光線が投影光学系PLの光軸に平行な場合には、露光光側の σ 値である σ_{IL} と照明光EL側の σ 値である σ_{EL} とをほぼ等しく設定することを意味する。

【0024】また、本発明による第2の焦点位置検出装置は、例えば図1に示すように、露光用照明光学系(23, 24, 29, 42, 43)に照明されたマスクパターンPAの像を投影光学系PLを介して感光基板W上に投影する投影露光装置のその投影光学系PLの焦点位置を検出する装置において、その感光基板Wに隣接する基準面(4)に形成された開口パターンと、この開口パターンに照明光ELを導く検出用照明光学系(5b, 8,

9, 10)と、この照明光ELの下でその投影光学系PLを介してそのマスクパターンPAの形成面に形成された後、その投影光学系PLを介して戻って来るその開口パターンの像をその開口パターンで制限して得られた光量に対応する焦点信号を生成する検出器(例えば図6の光電センサPD)と、その開口パターンの形状を任意に設定するパターン形状設定手段(例えば図5(a))とを有するものである。

【0025】この場合、そのパターン形状設定手段は、そのマスクパターンPAの最小線幅にその投影光学系PLの倍率を乗じて得られた線幅に対してその開口パターンの線幅をほぼ等しく設定することが望ましい。

【0026】

【作用】斯かる本発明による第1の焦点位置検出装置によれば、感光基板Wの焦点位置を検出するには、基準面(4)を投影光学系PLの下に移動して、その基準面(4)を投影光学系PLの光軸に平行な方向に走査すると、検出器より生成される焦点信号は合焦点で最大又は最小になる。従って、その焦点信号が最大又は最小になる位置を焦点位置として検出することができる。これは投影光学系PLを介して直接に焦点位置を検出しているので、経時変化等により投影光学系PLの結像特性が変化して焦点位置が変化しても正確にその焦点位置を求めることができる。

【0027】また、より正確に投影光学系PLの焦点位置を求めるには、投影光学系PL用の露光用照明光学系の照明特性と基準面(4)の開口パターン用の検出用照明光学系の照明特性とをできるだけ近づけることが望ましい。その照明特性は投影光学系PLの瞳面P1、即ちフーリエ変換面における照度分布でほぼ表すことができる。そこで、照度分布設定手段を用いて、その検出用照明光学系の照明光の投影光学系PLの瞳面P1における照度分布を露光用照明光学系のそれに相似的に近づけることにより、より投影光学系PLの実際の焦点位置に近い焦点位置を求めることができる。

【0028】この場合、検出用照明光学系による投影光学系PLの瞳面P1における照度分布と露光用照明光学系による投影光学系PLの瞳面P1における照度分布とが相似的にほぼ等しい場合に、最も正確に投影光学系PLの実際の焦点位置を検出できる。

【0029】次に、本発明による第2の焦点位置検出装置によれば、その基準面(4)の開口パターンを用いて投影光学系PLの焦点位置を検出することができる。この場合、マスクパターンPAの線幅の広狭により回折角が変化して投影光学系PLの中での光路が変化するため、焦点位置が微妙に変化する虞がある。そこで、本発明ではパターン形状設定手段により、基準面(4)の開口パターンの形状をできるだけそのマスクパターンPAの形状(微細度(ピッチ、線幅)、周期方向等も含む)に近づける。これによりマスクパターンPAに応じた正

確な焦点位置を検出することができる。

【0030】また、基準面(4)の開口パターンの像が形成される部分のマスクパターンPAの形状によっては、戻って来る開口パターンの像にぼけが生じたりする虞がある。このような場合には、基準面(4)の開口パターンの形状を変更することにより、そのマスクパターンPA側のパターン形状の影響を減少させることができる。更に、基準面(4)の開口パターンの形状、位置又は方向等を変えて複数回投影光学系PLに対する焦点位置の検出を繰り返して平均を取るることにより、マスクパターンPA側のパターン形状の影響をより減少させることができる。

【0031】更に、より具体的に、例えばマスクパターンPAの最小線幅が分かっている場合には、そのパターン形状設定手段により、そのマスクパターンPAの最小線幅にその投影光学系PLの倍率を乗じて得られた線幅に対してその開口パターンの線幅をほぼ等しく設定すると、最も正確にそのマスクパターンPAに応じた正確な焦点位置を検出することができる。

【0032】また、例えばマスクパターンPAの線幅が微細化してくると、従来のように主光線がレチクルRに垂直な露光光ILで照明したのではデフォーカス量(焦点深度)が小さくなり過ぎる場合がある。このような場合に、投影光学系PLの開口数NAを大きくすることなくマスクパターンの解像度を向上すると共に、デフォーカス量を比較的大きくできる照明方式として複数傾斜照明法が考えられる。複数傾斜照明法とは、照明光学系の瞳面、またはその共役面、もしくはその近傍の面を通る照明光束を、照明光学系の光軸AXから所定量だけ偏心した位置に中心を有する少なくとも2つの局所領域に規定することによって、レチクルRに照射される照明光束を所定方向にレチクルパターンの微細度に応じた角度だけ傾けたものである。この複数傾斜照明法における露光光は、例えば図4に示すように、投影光学系PLの光軸AXに対して時計回りに角度 ϕ 1で交差する主光線を有する露光光IL3とその光軸AXに対して反時計回りに角度 ϕ 1で交差する露光光IL4とよりなる。ただし、露光光IL3又はIL4の一方は省略することもできる。その露光光IL3(又は露光光IL4)による投影光学系PLの瞳面PLにおける照度分布は、光軸AXからそれぞれ等しい距離だけ離れ光軸AXに関して軸対称な点X1及びX2を中心として所定範囲内で大きな照度になる。

【0033】このような場合、基準面(4)を用いて投影光学系PLの焦点位置を正確に検出するには、この基準面(4)を照明する照明光ELの投影光学系PLの瞳面P1における照度分布をその露光光ILの投影光学系PLの瞳面P1における照度分布にできるだけ近づけることが望ましい。本発明による第1の焦点位置検出装置によれば、照度分布設定手段(例えば図4の開口絞り

(47))が設けられているので、照明光ELをも傾斜照明にしてより正確に焦点位置を検出することができる。

【0034】

【実施例】以下、本発明による焦点位置検出装置の一実施例につき図1～図5を参照して説明する。本例は図6の例と同様に半導体素子製造用縮小投影露光装置に本発明を適用したものであり、その図1において図6に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。また、装置全体の構成及びパターン板4を用いた直接方式による焦点位置検出の原理、及び投射光学系11及び受光光学系12を用いた間接方式によるオートフォーカス信号の生成の原理等は図6の例と同様であるためその説明は省略する。

【0035】図1は本例の全体の構成を示し、この図1において、図6の例と同一の2分岐のファイバー束(図1では分岐端5a及び5cは図示省略)の合同端5bからウェハステージ2の内部に照明光ELが照射されている。18は正の屈折力のレンズ系、19は負の屈折力のレンズ系を示し、これらレンズ系18及び19によりズームレンズを構成する。そして、合同端5bから射出された照明光ELをレンズ系18及び19よりなるズームレンズにより略々平行光束に変換した後に視野絞り7に照射し、この視野絞り7で制限された照明光ELをリレーレンズ8、ミラー9及びコンデンサレンズ10を介してパターン板4の開口パターンの形成面に導く。本例のパターン板4は、後述のように開口パターンの形状が任意に変更できるように構成されている。

【0036】パターン板4を透過した照明光ELは、投影光学系PLによりレチクルRの裏面のパターン領域PAに導かれ、パターン板4の開口パターンの像がそのレチクルRのパターン領域PAに形成される。このパターン領域PAから反射された光は再び投影光学系PL及びパターン板4の開口パターンを経てウェハステージ2の内部に戻る。この戻り光は、コンデンサレンズ10、ミラー9、リレーレンズ8、視野絞り7並びにレンズ系19及び18よりなるズームレンズを経てファイバー束の合同端5bに入射する。この入射光は図6と同様のファイバー束5の他方の分岐端5cから光電センサPDに入射する。

【0037】20は光学特性制御回路、21は主制御系を示し、光学特性制御回路20は主制御系21からの指示に応じてパターン制御信号PSを介してパターン板4の開口パターンの形状を設定する。また、光学特性制御回路20は主制御系21からの指示に応じて、レンズ駆動信号ZL1及びZL2を介してそれぞれレンズ系19及びレンズ系18を光軸方向に移動させることにより、レンズ系18及び19よりなるズームレンズのファイバーの合同端5bに対する開口数NAを変更する。これによりパターン板4を照明光ELで照明する照明系の σ 値

である σ_{EL} が変化する。なお、図示省略するも、ファイバー束の合同端5bの直前又はリレーレンズ8とコンデンサレンズ10との間でその合同端5bとほぼ共役な面には、種々の形状の開口絞りが形成された可変開口板（例えば図1中の回転板30に相当するもの）が配置されており、光学特性制御回路20はその可変開口板の内の所望の開口絞りを選択できる。これによって例えば、開口パターンに対しても複数傾斜照明を行うことが可能となっている。

【0038】また、投影光学系PLの瞳面P1もしくはその近傍の面内にも可変開口絞り22が配置されており、光学特性制御回路20はその可変開口絞り22の状態をも制御することができる。これに関して、レチクルRにはレチクルRの種類を示すバーコードが記録され、これを図示省略したバーコードリーダーで読み取ることにより、主制御系21は現在露光対象となっているレチクルRの種類及び最小線幅等を認識することができる。例えば、現在のレチクルRの最小線幅が非常に小さい場合には、主制御系21は光学特性制御回路20を介して可変開口絞り22を調整して投影光学系PLの開口数NAを大きくすることもできる。または、後述の如く、駆動モータ31を介して回転板30の設定を行いレチクルRに対して複数傾斜照明を行うようにしても良い。

【0039】次に、本例のレチクルRを照明する露光光IL用の照明系の構成につき説明する。図1において、23はウェハ4上のレジスト層を感光させる波長帯の露光光ILを発生する露光用照明光源を示し、露光光ILとしては、水銀ランプの輝線（i線、j線等）、ArF、KrFエキシマレーザ等のレーザ光又は金属蒸気レーザ若しくはYAGレーザ等の高調波等を使用することができる。その露光光ILを楕円鏡2で反射して1度集束した後に、ミラー27で反射してインพุットレンズ28に向ける。楕円鏡24とミラー27との間（楕円鏡24の第2焦点近傍）にはシャッター25を配置し、このシャッター25を駆動モータ26で回転することにより必要に応じて露光光ILを遮蔽する。

【0040】インพุットレンズ28により略々平行光束に変換された露光光ILはオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ29に入射する。このフライアイレンズ29の後（レチクル）側焦点面は、露光光ILのほぼ均一な2次光源像が形成される。この2次光源像が形成されている位置（照明光学系中のレチクルパターンのフーリエ変換面、又はその共役面もしくは近傍の面内）に回転板30を回転自在に取り付けて、回転板30を駆動モータ31により所定の回転位置に位置決めする。回転板30には、図2に示すように、例えば6種類の開口絞り32～37を等角度間隔で形成する。これらの開口絞りの内で、円形開口絞り32及び33はそれぞれ異なる直径の通常の円形の開口部32a及び33aを有し、輪帯開口絞り34は輪帯状の開口部34aを有す

る。また、複数傾斜照明用の開口絞り35及び36はそれぞれ互いに直交する方向に配置された1対の微小開口部35a、35b及び36a、36bを有し、複数傾斜照明用の開口絞り37は光軸を中心として等距離に配置された4個の微小開口部37a～37dを有する。そして、例えばファイバー束の合同端5bの近傍に配置する可変開口絞りも図2と相似な6種類の開口絞りを有する。尚、回転板30の絞り35、36、37を使用するときには各開口部からの照明光束の σ 値が0.1～0.3程度となるように設定することが望ましい。更に、レチクルパターンの微細度（ピッチ等）に応じて絞り35～37の各々における各開口部の位置を微調整できるように構成しておくことが望ましい。更に、絞り33～37を用いるときはレチクルまたはウェハ上での照度均一性が悪くなり得るのでフライアイレンズ29の各エレメントを細かくする（断面積を小さくする）ことが望ましい。さらに別のインテグレータ（フライアイ型又はロッド型）を追加して2段のインテグレータ構造としても良い。また、絞り35～37の使用時は光量ロスが大きいので、光ファイバー、多面プリズム等の光分割器を用いて、絞りの上の各開口部に露光光を導くように構成しておくことが望ましい。また、回転板30の開口絞りの選択基準の一例としては、特に微細パターンに対しては開口絞り35、36、37（この3つの使い分けはレチクルパターンの周期性に応じて選択すれば良い）を用い、線幅が厳しくないときは開口絞り32を用い、位相シフトレチクルには例えば開口絞り33（又は開口絞り41を使用しても良い）を用いる。開口絞り35は例えばX方向に配列された周期パターン、開口絞り36はY方向に配列された周期パターン、開口絞り37は2次元パターンに対して有効である。

【0041】図1のフライアイレンズ29による2次光源像形成面には、一例として回転板30中の円形の開口部32aが配置されている。この開口部32aより射出された露光光ILはアウトプットレンズ38により略々平行光束に変換されて視野絞り39に入射する。視野絞り39は、レチクルRのパターン領域PAとほぼ共役であり、この視野絞り39を出た露光光ILをリレーレンズ40で一度集束する。この集束される面P2は回転板30の開口絞り面とほぼ共役であり、この面P2に露光光IL用の可変開口絞り41を配置する。絞り41はフライアイレンズ29のレチクル側焦点面の近傍に回転板30と極近接して配置しても良い。回転板30による開口絞り32、33の選択又は可変開口絞り41の設定の何れの方法によっても、露光光IL用の照明系の σ 値である σ_{IL} を変更することができる。例えば位相シフトレチクルに対しては $\sigma_{IL}=0.1\sim0.4$ 、複数傾斜照明を行う際には各開口部に対してそれぞれ $\sigma_{IL}=0.1\sim0.3$ 程度とする。シャッター25、回転板30及び可変開口絞り41の状態は主制御系21が任意に設定する

ことができる。可変開口絞り41を射出した露光光ILの主光線を主コンデンサレンズ42で略々平行光束に変換し、この主光線が略々平行な露光光ILをミラー43で反射してレチクルRに導く。

【0042】この場合、可変開口絞り41が配置されている面P2での露光光ILの直径を $2r_{IL}$ として、主コンデンサレンズ42の焦点距離を f_{IL} とすると、図9に示した露光光ILのレチクルRに対する最大の入射角 θ_{IL} は次のようになる。なお、開口部32aの直径はその直径 $2r_{IL}$ の共役値よりも小さいときには、開口部32aの面P2における像の直径を使用する。

【数3】 $\theta_{IL} = \tan^{-1}(r_{IL}/f_{IL})$

従って、回転板30又は可変開口絞り41を調整することにより、(数3)から露光光ILの入射角 θ_{IL} を任意の値に設定することができ、ひいては(数1)から露光光IL用の照明系の σ 値である σ_{IL} を任意の値に設定することができる。

【0043】同様に、パターン板4用の照明系においても、リレーレンズ8とコンデンサレンズ10との焦点距離が同じであるとして、ファイバー束の合同端5bにおける照明光ELの直径を $2r_{EL}$ として、レンズ系18及び19よりなるズームレンズの前側焦点距離を f_{EL} とすると、図9に示した照明光ELのパターン板4に対する最大の入射角 θ_{EL} は次のようになる。

【数4】 $\theta_{EL} = \tan^{-1}(r_{EL}/f_{EL})$

従って、そのズームレンズ18、19の前側焦点距離又は例えば合同端5bの近傍の図示省略した可変開口絞りを調整することにより、(数4)から照明光ELの入射角 θ_{EL} を任意の値に設定することができ、ひいては(数2)から照明光EL用の照明系の σ 値である σ_{EL} を任意の値に設定することができる。この他に後述のように、合同端5bを有するファイバー束の分岐端に入射する照明光ELの入射角を調整することによってもその σ_{EL} を調整することができ、またその合同端5bをそのズームレンズの光軸方向に移動することによってもその σ_{EL} を調整することができる。あるいはファイバー束5bの射出面近傍又はその共役面に可変開口絞りを配置するだけでも良い。

【0044】次に、パターン板4を含む焦点位置検出系の照明系の σ 値である σ_{EL} の調整機構について具体的に説明を行う。ファイバー束の合同端5bから出た照明光ELは、先ずレンズ系18及び19よりなるズームレンズを通過した後に視野絞り7に入射するがそのズームレンズにより σ 値を調整することができる。図3(a)及び(b)はそれぞれズームレンズの近傍の拡大図であり、図3(a)が σ 値が大きい場合、図3(b)が σ 値が小さい場合をそれぞれ示している。即ち、図3(a)でも図3(b)でも合同端5bにおける照明光ELの半径dは共通であるが、図3(a)ではズームレンズの焦点距離が短いのにに対して、図3(b)ではズームレンズ

の焦点距離が長い。従って、図3(a)の照明光ELの最大の傾斜角 θ_1 は、図3(b)の照明光ELの最大の傾斜角 θ_2 よりも大きくなる。この構成により連続的に σ 値を変更することが可能である。

【0045】 σ 値の調整機構はズームレンズを用いる方法のみに限定されず、例えば図3(b)に示すように、ファイバー束の合同端5bを光軸方向であるX方向に移動させてもよい。更に、ファイバー束の一方の分岐端5aに照射光ELを集束して入射させる集光レンズ44の位置又は焦点距離等を変えることにより、その照明光ELの入射角 θ_3 を変えるようにしてもよい。これらも全く同一の効果を有する。

【0046】次に、図2の回転板30中の複数傾斜照明用の開口絞り35を用いる場合について説明する。この場合には、図示省略するも、図1のファイバー束の合同端5bの近傍にもその開口絞り35と相似な2個の微小開口部よりなる開口絞りを配置する。この場合の図1の光学系を簡略化した光学系を図4に示す。図4において、フライアイレンズ29による2次光源の形成面には、回転板30中の2個の微小開口部35a及び35bが光軸AXからそれぞれ同一距離離れて配置されている。これら開口部35a及び35bから出る露光光ILを光学系45を介してレチクルRに照射するものとする。一方、ファイバー束の合同端5bの近傍にも2個の開口部48a及び48bを有する開口絞り47が配置されており、これら開口部48a及び48bから出る照明光ELを光学系49を介してパターン板4に照射するものとする。

【0047】また、図4において、レチクルRには遮光部46aと光透過部46bとよりなるピッチQ1のライン/スペースパターンが形成され、パターン板4にも遮光部50aと光透過部50bとよりなるピッチQ2のライン/スペースパターンが形成されているものとする。この場合、露光光ILについては、開口部35aを出た露光光IL3は光学系45によりレチクルRに対する主光線の入射角が ϕ_1 の照明光となり、この傾斜した露光光IL3によりレチクルRからは0次光IL5と1次回折光IL6とが光軸AXに対して対称に射出する。これを実現するには、0次光IL5と1次回折光IL6とのなす角を ϕ_2 、露光光IL3の波長を λ とした場合に、 $\sin \phi_1 = \sin(\phi_2/2) = \lambda/(2 \cdot Q1)$ が成立していればよい。

【0048】これら0次光IL5及び1次回折光IL6は、それぞれ投影光学系PLの瞳面P1上の光軸AXから等距離離れた点X1及びX2を経てパターン板4の同一点に入射角 $\phi_4/2$ で集束し、これによりパターン板4上にレチクルRのピッチQ1のパターンの像が形成される。同様に、開口部35bを出た露光光IL4は光学系45により光軸AXに対して露光光IL3と対称にレチクルRを照明し、この露光光IL4によるレチクルRからの0次光及び1次回折光も投影光学系PLによりパ

ターン板4上に集束する。

【0049】このような傾斜照明によると、投影光学系PLの開口数NAを NA_{PL} とした場合、解像できるパターンピッチの限界は $\lambda / (2 \cdot NA_{PL})$ となる。これに対して、通常の垂直入射照明法では、解像できるパターンピッチの限界は λ / NA_{PL} であり、傾斜照明により投影光学系PLの開口数NAが同一でも解像度を2倍にできることが分かる。更に、0次光IL5と1次回折光IL6とはパターン板4上で共に光軸AXに対して等しい角度 $\phi/2$ で傾斜している。従って、0次光IL5及び1次回折光IL6のデフォーカス量 ΔF に対する波面収差は、共に $(1/2) \times \Delta F \cdot \sin^2 (\phi/2)$ となる。これに対して垂直照明方式では、1次回折光の波面収差が大きくなり、全体として収差が大きくなる。これは傾斜照明方式によれば、解像限界を向上できるのみならず焦点深度を深くできることを意味する。

【0050】一方、パターン板4用の照明光ELについて、開口部48aを出た照明光EL3は光学系49によりパターン板4に対する主光線の入射角が $\phi/3$ の照明光となり、この傾斜した照明光EL3によりパターン板4からは0次光EL5と1次回折光EL6とが光軸AXに対して対称に射出する。これを実現するには、0次光EL5と1次回折光EL6とのなす角を $\phi/4$ 、照明光EL3の波長をも λ とした場合に、 $\sin \phi/3 = \sin (\phi/4/2) = \lambda / (2 \cdot Q2)$ が成立していればよい。

【0051】これら0次光EL5及び1次回折光EL6は、それぞれ投影光学系PLの瞳面P1上の光軸AXから等距離離れた点X1及びX2を経てレチクルRのパターン形成面の同一点に入射角 $\phi/2$ で集束し、これによりレチクルR上にパターン板4のピッチQ2のパターンの像が形成される。同様に、開口部48bを出た照明光EL4は光学系49により光軸AXに対して照明光EL3と対称にパターン板4を照明し、この照明光EL4によるパターン板4からの0次光及び1次回折光も投影光学系PLによりレチクルR上に集束する。

【0052】このように本例によれば、パターン板4の照明系はレチクルRの照明系と同様に複数傾斜照明となっているので、そのレチクルRの投影光学系PLによる結像面を正確に焦点面として検出することができる。また、例えば図2の複数傾斜照明用の開口絞り37又は輪帯開口絞り34が使用される場合には、図1のファイバー束の合同端5bにもそれぞれ4個の開口を有する開口絞り又は輪帯開口絞りを配置するとよい。これによりレチクルRのパターンが例えばメッシュ状のパターンのように2次元的なパターンであっても、正確に焦点検出を行うことができる。

【0053】次に、図1のパターン板4上の開口パターンの形状の設定機構について説明する。パターン板4は例えば図5(a)に示すように、液晶基板又はエレクト

ロクロミック素子等で微細なメッシュ状のパターンにすることが考えられる。そして、そのパターンの内の所定の部分を周期的に遮光部に設定することにより、例えば図5(b)及び(c)に示すように、異なるピッチの回折格子のパターンを容易に形成することができる。また、ピッチ方向(周期方向)の異なる回折格子を形成することもできる。また、その開口パターンを図5(a)以外の種々の微細構造のパターンに設定しておくことにより、任意のパターンを設定することができる。また、パターン板4をウェハステージ2上の水平面内で回転可能に保持することにより、発生するパターンのバリエーションを更に増やすことができる。また、液晶又はエレクトロクロミック素子で微細なパターンの形状を構成する代わりに、複数のパターンを用意して回転機構等を利用してそれらのパターンを交換しながら使用する構成としてもよい。更に、パターン板4に位相格子を形成してもよい。

【0054】次に実使用時について説明する。通常、照明系の σ 値を変更して使用できる露光装置はオペレータがテスト露光又はシミュレーション等で最適な露光用照明系の σ 値を選択して使用する。このためオペレータはキーボード等で使用する σ 値を主制御系21に入力し、照明系の σ 値を変更する。この σ 値は露光用データファイルにも書き込まれる。なお、バーコードリーダでレチクルの名称を読み取り、この名称から自動的に対応する照明条件及び σ 値等を設定するようにしてもよい。主制御系21は光学特性制御回路20に使用する σ 値を知らせ、光学特性制御回路20はその値に基づいてレンズ系18及び19よりなるズームレンズを駆動して、露光用照明系の σ 値に対してパターン板4を含む焦点位置検出系の照明系の σ 値とを一致させる。次に、オペレータは焦点深度が最も厳しくなるレチクルRの最小線幅のパターン寸法を入力する。

【0055】使用する σ 値と同様に、主制御系21は光学特性制御回路20にデータを供給し、光学特性制御回路20はパターン板4のパターンを、そのレチクルRの最小線幅に投影光学系PLによる倍率 $1/m$ を乗じて得られた線幅に最も近い開口パターンに設定する。また、投影光学系PLは非点収差又は製造上の微妙な誤差により厳密には露光するパターンの方向により焦点位置が異なる。このためレチクルR上の使用パターンの方向がほぼ一方方向の場合には、オペレータは同時にレチクルRのパターンの方向をも入力し、光学特性制御回路20はレチクルRのパターンの方向にパターン板4の開口パターンの方向を一致させることも可能である。

【0056】また、レチクルRのパターンがライン/スペースパターンではなくドットパターンのような場合にも、これに応じてパターン板4の開口パターンを変えてやればよい。なお、露光するレチクルRのパターンの方向が一方方向でない場合には、上記の様な焦点位置誤差

を考慮してパターン板4のパターンとして図7(a)のように互いに直交するパターンを用いることが考えられる。

【0057】本例の焦点検出系は投影光学系PLの露光エリア内の任意の位置での焦点位置検出が可能であるから、上記の線幅及び方向等を露光エリア全域で考慮し最適な位置にウェハWを設定することも考えられる。また、投影光学系PLの光学エレメント等を駆動して像面を最適化することもできる。つまり、レチクルR上の各エリアの最小線幅及びパターンの方向等に応じて露光エリア内の複数のポイントで焦点位置を測定し、平均的な焦点面にウェハWを傾けて合わせるか、又は像面を変形できる場合は焦点面が投影光学系PLの光軸と垂直な平面に一致するように変形させることも考えられる。

【0058】以上のように、露光の条件と、直接方式の焦点位置検出系の条件とを合致させた後、前記のように投射光学系11と受光光学系12とを含む間接方式による焦点位置検出系のキャリブレーション動作を行い実際の露光を行う。露光中の投影光学系PLの露光光吸収による焦点位置変化又は大気圧変化等による焦点位置変化に対応するために適宜キャリブレーションを行う。

【0059】なお、上述実施例はレチクルRの最小線幅をオペレータが入力する方法であったが、自動的に設定する方法も考えられる。例えばレチクルRを顕微鏡で観察して画像処理等により最小線幅を求める方法がある。また、パターン板4の開口パターンをホトクロミック素子で形成し、レチクルRの露光対象パターンを露光光ILで露光することによりそのホトクロミック素子にレチクルRのパターンを形成し、これをパターン板4の開口パターンとして用いることもできる。この場合、一般にはレチクルRのパターンとパターン板4の開口パターンとは白黒逆転(ネガ像)になる。また、この場合後述するようにレチクルRのパターンとの干渉を避けるためパターン板4の距離を露光時に多少ずらす必要がある。

【0060】以上、本発明の実施例について説明を行ったが、本実施例の構成により、以下に述べるような効果も得られる。上述実施例では投影光学系PLの非点収差等に起因してレチクルRのパターンの方向により焦点位置が異なる場合の説明をも行ったが、本来斯かる焦点位置の差は小さい方が望ましく、投影光学系PLの調整段階で最小となるように調整を行う必要がある。この場合本実施例の方法により開口パターンの方向を変え測定を行えば簡単に上記の焦点位置の差の検出が可能である。

【0061】また、従来の技術の不都合の一つとして、レチクルRのパターンと焦点位置検出系のパターン板4のパターンとの干渉が挙げられる。これは図8(c)に示すように、パターン板4の開口パターンの像の明暗部17とレチクルRのパターン部(クロム(Cr)蒸着部)16とが一致している場合で、本来焦点ずれで反射光量が減少するはずである。しかしながら、焦点ずれに

より反射率の高いクロム蒸着部16にも光線があたり逆に焦点ずれの場合に光量が増えるという現象が発生し得る。これを防ぐため、本実施例の構成を利用しパターンの方向を回転させながら複数回測定を行い平均化する方法、又はパターンを平行シフトさせながら複数回Z方向にスキャンする方法等を適用することが可能である。

【0062】また、上記実施例とは異なり、本発明はウェハステージ2側より発光して行う測定にも適用可能である。例えば特開昭63-81818号公報に開示されているような発光マークを、レチクルRのマークを介して測定することにより投影光学系PLのディストーションを測定する技術に関しても、発光マークのパターン形状、照明系の σ 値を実際のレチクルパターン又はレチクル照明系に応じて設定して測定を行うこともできる。また、ウェハステージ上からの発光マークの位置ずれで焦点位置を測定する方法についても同様の方法を適用することが可能である。尚、投影光学系の瞳面での照度分布は正確に一致しないが、レチクルに対する照明条件(回転板30の選択や σ 値)と、開口パターンに対する照明条件とを一致させるだけでも良い(上述実施例ではパターン形状も変えていた)。特に位相シフトレチクルを使用する場合、開口パターンに対して位相シフト法を適用することは可能であるが現状では困難であり、そのパターン形状については一致させず、照明条件、すなわち σ 値のみを一致させることになる。逆に極論すれば、開口パターンの形状(ピッチ、周期方向、デューティー等)のみを両方の照明系で一致させるだけでも良い。つまり、照明条件と開口パターンの形状との少なくとも一方を一致させることとする。また、パターン板4を投影光学系PLのイメージフィールド内で移動させて、各点で投影光学系PLの焦点位置を検出することにより投影光学系PLの焦点位置や非点収差の他に、像面傾斜や像面湾曲も測定できる。このように、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0063】

【発明の効果】本発明の第1の焦点位置検出装置によれば、照度分布設定手段により検出用照明光学系の照明光の投影光学系の瞳面における照度分布を、露光用照明光学系による照度分布に近づけることができるので、露光用照明光学系の σ 値等によらず、更には露光用照明光学系が傾斜照明系であっても、正確に投影光学系の焦点位置を検出できる利点がある。また、検出用照明光学系の照明光の投影光学系の瞳面における照度分布を、露光用照明光学系による照度分布にほぼ等しく設定した場合には、より正確に投影光学系の焦点位置を検出することができる。

【0064】本発明の第2の焦点位置検出装置によれば、基準面上の開口パターンの形状をマスクパターンの形状に近づけることにより、露光対象となるパターンの

線幅等によらず正確に焦点位置が検出できる利点がある。また、マスクパターンの最小線幅に前記投影光学系の倍率を乗じて得られた線幅に対して前記開口パターンの線幅をほぼ等しく設定する場合には、より正確に焦点位置が検出できる。更に、パターン形状設定手段を利用して基準面上の開口パターンの方向等を変更することにより、投影光学系の非点収差を簡単に測定することができる。またパターンの線幅を変更する（位相格子にあっては複数の異なるピッチの位相格子を形成しておく）ことにより球面収差を簡単に測定できると共に、その開口パターンの位置をずらすことにより、マスクパターンと開口パターンとの干渉を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による焦点位置検出装置を縮小投影露光装置に適用した場合の一実施例を示す一部断面図を含む構成図である。

【図2】実施例の回転板30中の開口絞りを示す正面図である。

【図3】実施例の焦点位置検出系の照明系の σ 値を変更するためのズームレンズの動作の説明に供する拡大図である。

【図4】実施例で傾斜照明を行う場合の説明に供する模式図である。

【図5】実施例のパターン板4の開口パターンの一例を示す線図である。

【図6】従来の縮小投影露光装置の構成を示す一部断面図を含む構成図である。

【図7】(a)は図6の例におけるパターン板4の開口パターンの一例を示す線図、(b)は図6の例における焦点検出系の信号を示す波形図である。

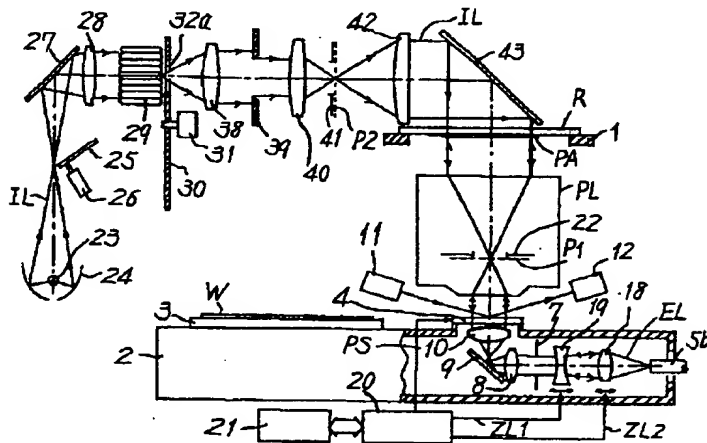
【図8】(a)及び(b)はそれぞれ図6の例における焦点検出系の原理の説明に供する線図、(c)はレチクルRのパターンと開口パターンとが干渉する場合の説明図である。

【図9】照明系の σ 値の説明に供する模式図である。

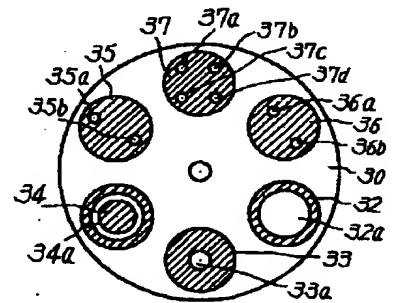
【符号の説明】

- 10 R レチクル
- W ウェハ
- PL 投影光学系
- 2 ウェハステージ
- 4 パターン板
- 5 ファイバー束
- 7 視野絞り
- 11 投射光学系
- 12 受光光学系
- 18 正のレンズ系
- 19 負のレンズ系
- 20 光学特性制御回路
- 29 フライアイレンズ
- 30 回転板
- 32~37 開口絞り
- 39 視野絞り
- 42 主コンデンサレンズ
- 47 開口絞り

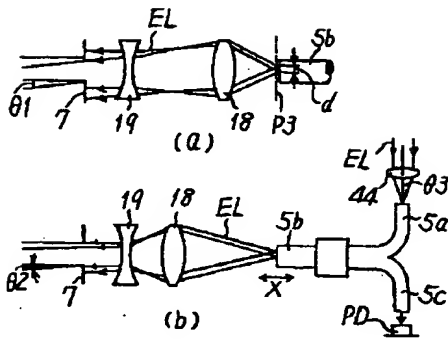
【図1】



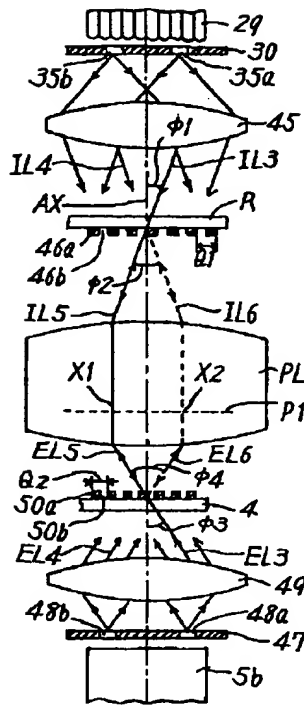
【図2】



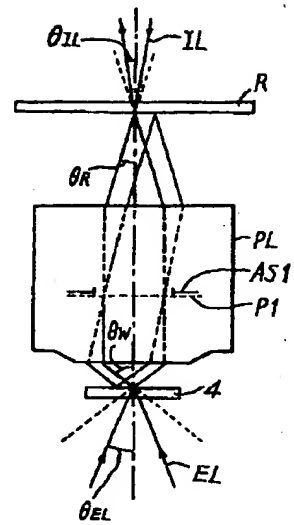
【図 3】



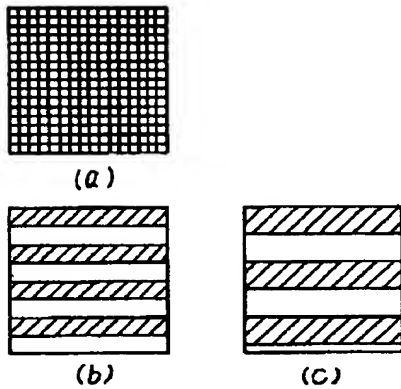
【图4】



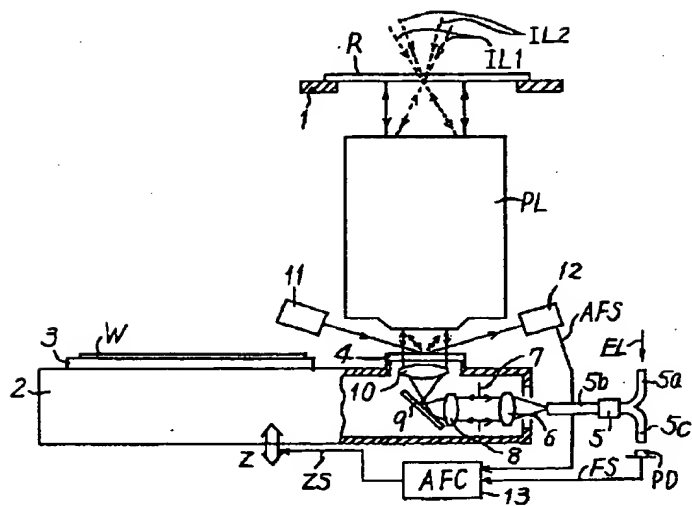
【図9】



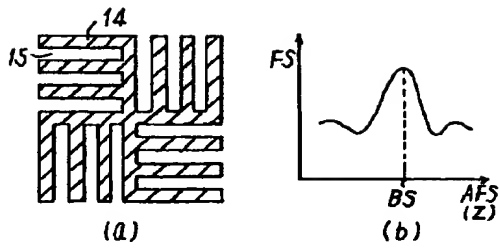
【图 5】



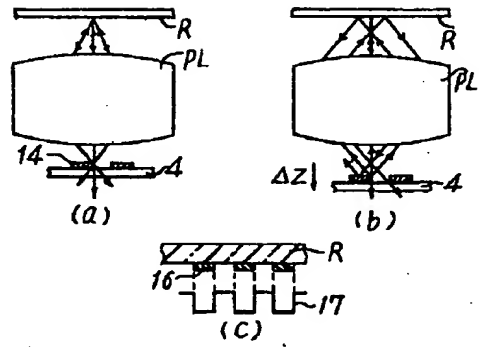
【図 6】



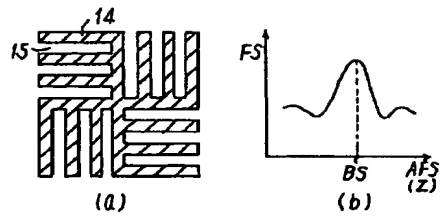
【図7】



【図8】



【図7】



【図8】

